

Испытания ДВС

было допущено к применению в 2-х и 4-х тактных танковых двигателях.

Таблица 2

Наименование показателей	Моторные масла			
	МТ-16П	М-16 ИХП-3	М-8В ₂ С	Галол М-4042 ТД
Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	16	16	8	16
Индекс вязкости	85	90	115	95
Щелочность, мг КОН/г	2,0	4,0	4,2	4,5
Зольность сульфатная, %	1,08	1,25	1,4	1,25
Температура застывания, °С	-25	-25	-50	-25
Антиагарные и моющие свойства масла по разработанному методу, балл	34	27,5	20,5	13,5

Выбранный режим и условия проведения ускоренных испытаний масел в двигателе 5ТДФ позволяют в 8 раз сократить время по оценке эксплуатационных свойств масел, обеспечить высокую надежность и достоверность результатов определения моюще-диспергирующих и антиагарных свойств при отборочных и квалификационных испытаниях

моторных масел, разрабатываемых для форсированных транспортных дизелей.

Список литературы:

1. Авторское свидетельство №296690 (СССР).
2. Дерябин А.А. Смазка и износ дизелей. Л., Машиностроение, 1974г, с 54-56

УДК.621.1.018

А.П. Поливянчук, канд. техн. наук

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ В РАЗБАВЛЯЮЩЕМ ТУННЕЛЕ

Постановка задачи

Одним из наиболее опасных загрязняющих веществ, содержащихся в отработавших газах (ОГ) дизельного двигателя, являются твердые частицы (ТЧ). Под ТЧ понимают весь материал, собранный на фильтрах после пропускания через них ОГ дизеля, предварительно разбавленных атмосферным воздухом до температуры, не превышающей 52 °С [1]. Вместе с оксидами азота, углеводородами и монооксидом углерода ТЧ являются веществом, выбросы

которых с ОГ дизелей подлежат контролю и ограничению.

Для измерения выбросов ТЧ применяется специальное оборудование - разбавляющие туннели. В состав такого оборудования входят: непосредственно туннель – трубопровод, в котором ОГ разбавляются воздухом; линия отбора проб ТЧ (ЛО) – трубопровод, в котором установлены фильтры для сбора ТЧ из разбавленных ОГ. В зависимости от количества разбавляемых ОГ туннели делятся на полнопоточные

(разбавляются все ОГ дизеля) и частичнопоточные – мини- и микротуннели (разбавляется только часть от полного потока ОГ) (рис. 1).

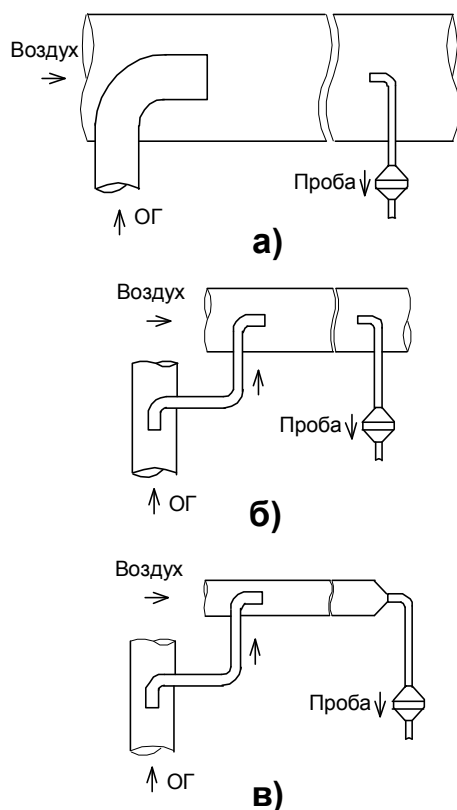


Рис. 1. Типы разбавляющих туннелей:
 а) полнопоточный (эталонный);
 б) минитуннель;
 в) микротуннель.

Полнопоточные туннели являются эталонным оборудованием для контроля выбросов ТЧ дизелей – результаты частичнопоточных туннелей не должны отличаться более, чем на $\pm 5\%$ от результатов полнопоточной системы [1]. Однако, использование эталонных туннелей затрудняется их высокой стоимостью, громоздкостью и неудобством в эксплуатации [2]. Значительно более экономичными, компактными, мобильными, и в связи с этим, более предпочтительными являются мини- и микротуннели. Одним из основных требований, предъявляемых к частичнопоточным системам, является обеспечение в них таких условий разбавления ОГ, которые поддерживаются в полнопоточном туннеле [2-4]. В случае не-

выполнения данного требования (из-за влияния условий разбавления ОГ на измеряемые выбросы ТЧ) мини- и микротуннели не обеспечивают требуемой точности измерений. С целью определения условий разбавления ОГ, соответствующей эталонной системе контроля выбросов ТЧ автором разработана и проверена на адекватность математическая модель процесса охлаждения ОГ дизеля в туннеле, а также даны рекомендации по практическому использованию данной модели.

Математическая модель процесса охлаждения ОГ дизеля в туннеле

Данная модель – S связывает между собой параметры, определяющие процесс охлаждения ОГ в туннеле и ЛО (входные параметры) с параметрами, характеризующими условия разбавления ОГ (выходными параметрами) (рис. 2). В число входных параметров модели входят: геометрические размеры (диаметр, длина): туннеля – d_t, L_t и ЛО – d_{sam}, L_{sam} ; массовые расходы: ОГ, поступающих в туннель – G_{exh} , разбавленных ОГ в туннеле (суммарного потока) – G_t , разбавленных ОГ в ЛО – G_{sam} ; температуры: ОГ – t_{exh} и воздуха – t_{dil} . Выходными параметрами модели являются: коэффициент разбавления ОГ (равен отношению величин G_t и G_{exh}) – q и температура пробы перед фильтрами – t_f .

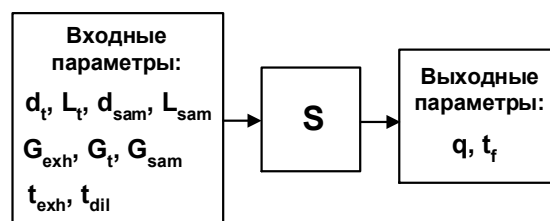


Рис. 2. Структура математической модели

Модель S представляет собой систему 2-х уравнений:

$$\left. \begin{aligned} q &= \frac{G_t}{G_{exh}} \\ t_f &= t_t^b - \Delta t_t^w - \Delta t_{sam}^w - \Delta t_{sam}^{aux} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где t_t^b – среднemasовая температура потока разбавленных ОГ в начальном сечении туннеля, в котором начинается смешивание ОГ и воздуха;

Δt_t^w – величина снижения температуры разбавленных ОГ, протекающих в туннеле, обусловленного теплопередачей через стенку туннеля;

Δt_{sam}^w – величина снижения температуры, разбавленных ОГ, протекающих в ЛО, обусловленного теплопередачей через стенку ЛО;

Δt_{sam}^{aux} – величина снижения температуры разбавленных ОГ, протекающих в ЛО, обусловленного тепловыми потерями на вспомогательных элементах ЛО (фланцах, тройниках, шаровых кранах и др.).

Величина t_t^b определяется с помощью выражения:

$$t_t^b = \frac{G_{exh} t_{exh} + (G_t - G_{exh}) t_{dil}}{G_t} = \frac{t_{exh} - t_{dil}}{q} + t_{dil}. \quad (2)$$

Для определения величин Δt_t^w и Δt_{sam}^w используются формулы, полученные в результате совместного решения уравнений теплового баланса и теплопередачи, описывающих процессы теплообмена с окружающей средой потоков, протекающих в туннеле и ЛО:

$$\Delta t_t^w = \frac{\pi d_t L_t k_t (t_{t(m)} - t_{dil})}{c_p G_t}, \quad (3)$$

$$\Delta t_{sam}^w = \frac{\pi d_{sam} L_{sam} k_{sam} (t_{sam(m)} - t_{dil})}{c_p G_{sam}}, \quad (4)$$

где k_t , k_{sam} – коэффициенты теплопередачи стенок трубопроводов туннеля и ЛО, определяемые по методике, изложенной в работе [5];

$t_{t(m)}$, $t_{sam(m)}$ – средние температуры потоков разбавленных ОГ, протекающих в туннеле и ЛО: $t_{t(m)} = t_t^b - \Delta t_t^w / 2$ и $t_{sam(m)} = t_t^b - \Delta t_t^w - \Delta t_{sam}^w / 2$;

c_p – удельная теплоемкость разбавленных ОГ.

Величина Δt_{sam}^{aux} , входящая во 2-е уравнение системы (1), определяется на основе допущения о пропорциональности величины тепловых потерь на

вспомогательных элементах ЛО – ΔQ_{sam}^{aux} и количества тепла, подводимого с ОГ в туннель – ΔQ_t^{in} :

$$\Delta Q_{sam}^{aux} = \varepsilon_G c_p G_t \Delta t_{sam}^{aux} \sim \Delta Q_t^{in} = c_p G_t \vartheta_t^b,$$

где $\varepsilon_G = G_{sam} / G_t$ – безразмерный коэффициент;

$\vartheta_t^b = t_t^b - t_{dil}$ – температурный напор потока

разбавленных ОГ в начальном сечении туннеля, °С.

Следствием данного допущения является выражение для определения величины Δt_{sam}^{aux} :

$$\Delta t_{sam}^{aux} = a \vartheta_t^b, \quad (5)$$

где a – коэффициент пропорциональности, зависящий от конструктивных особенностей ЛО и определяемый экспериментально.

С помощью системы (1) определяются условия разбавления ОГ в любом туннеле при различных условиях (режимах) работы двигателя.

Проверка адекватности математической модели

Адекватность модели S проверялась в ходе испытаний дизеля Д65М по 5-ступенчатому тепловозному циклу ГСТУ 32.001-94 [6]. В качестве системы разбавления ОГ использовался микротуннель МКТ-1, разработанный в ВНУ им. В. Даля [7] и характеризуемый следующими параметрами: $d_t = 30$ мм; $L_t = 350$ мм; $d_{sam} = 18$ мм; $L_{sam} = 850$ мм; $G_t = G_{sam} = 2,5$ г/с.

На каждом режиме работы дизеля при заданных значениях параметра q измерялись фактические значения температуры t_f (проводилось по 2 замера), которые сравнивались с рассчитанными с помощью модели S значениями – $t_{f(cal)}$. По результатам испытаний (табл. 1) вычислялось значение критерия Фишера – F с использованием следующей формулы [8]:

$$F = \frac{S_s^2}{S_{t_f}^2} = \frac{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (t_{f(m)i} - t_{f(m)i}^{cal})^2}{\frac{2}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (\Delta t_{fi}^{rep})^2}$$

где S_s^2 – дисперсия адекватности модели S;

$S_{t_f}^2$ - дисперсия воспроизводимости результатов эксперимента;

$N = 5$ - число режимов работы дизельной установки;

$t_{f(m)i}, t_{f(m)i}^{cal}$ - среднее измеренное и среднее рассчитанное (с помощью модели S) значения температуры пробы перед фильтрами на i -м режиме испытаний, °C;

Δt_{fi}^{rep} - отклонения измеренных на i -м режиме испытаний значений температуры пробы перед фильтрами от среднего измеренного значения на данном режиме, °C.

Таблица 1. Результаты экспериментальных исследований

Номер опыта	Результаты наблюдений		Результаты вычислений		
	q	t_f , °C	$t_{f(m)}^{cal}$, °C	$\Delta t_{f(m)}$, °C	Δt_f^{rep} , °C
1	15,7 15,1	49,4 51,0	50,0	+ 0,2	± 0,3
2	16,3 15,4	47,3 45,8	46,8	- 0,2	± 0,8
3	16,4 15,4	40,7 39,6	40,5	- 0,3	± 0,6
4	16,5 15,7	35,5 34,9	34,8	+ 0,4	± 0,3
5	21,0 18,4	26,6 26,5	26,7	- 0,1	± 0,1

Примечание В таблице обозначено: $\Delta t_{f(m)} = t_{f(m)} - t_{f(m)}^{cal}$.

Исследования показали, что вычисленное по формуле (6) значение критерия Фишера – $F = 0,48$ не превышает табличного значения $F_{табл} = 5,18$, что свидетельствует об адекватности модели S [5].

Рекомендации по использованию математической модели

Математическая модель процесса охлаждения ОГ дизеля в туннеле имеет как теоретическую, так и практическую ценность, и может использоваться:

а) при проведении сравнительного анализа условий разбавления ОГ в частичнопоточной и полно-

поточной системах с целью оценки степени их несоответствия;

б) при проведении исследований влияния температуры разбавляющего воздуха t_{dil} (может изменяться в диапазоне 20 ... 30 °C) на изменение условий разбавлений ОГ в эталонных туннелях, что приводит к снижению точности измерений удельных выбросов ТЧ дизелей;

в) при разработке частичнопоточных систем контроля выбросов ТЧ дизелей с целью обеспечения условий разбавления ОГ, соответствующих эталонным туннелям.

Выводы

1. При разработке наиболее эффективных систем контроля выбросов ТЧ с ОГ дизелей - мини- и микротуннелей необходимо решать задачу обеспечения в данных системах условий разбавления ОГ, соответствующих эталонному оборудованию – полнопоточному туннелю.

2. Разработана математическая модель процесса охлаждения ОГ дизеля в туннеле, с помощью которой могут определяться для любого типа туннеля параметры, характеризующие условия разбавления ОГ на различных режимах работы двигателя – коэффициенты разбавления и температуры пробы перед фильтрами. Экспериментально подтверждена адекватность данной модели.

3. Разработанная модель может использоваться при создании частичнопоточных туннелей, а также при проведении научных исследований с целью усовершенствования оборудования для контроля выбросов ТЧ дизелей.

Список литературы:

1. Regulation № 49. Revision 2. Uniform provision concerning the approval of compression ignition (C.I.) engines and vehicles equipped with C.I. engines with the regard to the emission of pollutants by the engine. Ge-

neva, 1992. - 114 p. 2. N. Hirakouchi, I. Fukano, T. Shoji. Measurement of Diesel Exhaust Emissions with Mini-Dilution Tunnel. SAE Technical Paper Series 890181, 1989.-11p. 3. K. Engeljehring, W. Schindler, Sulzer. Meeting ISO 8178 Requirements for the Measurement of Diesel Particulates with Partial-Flow Dilution Systems. SAE Technical Paper Series 932466, 1993. - 10 p. 4. Smart Sampler PC SPC 472. Operating Manual. Diesel particulate dilution and sampling equipment. AVL, Austria, 1993. - 69 p. 5. Полив'янчук А.П. Удосконалення способу контролю викидів твердих частинок від тепловозів: Дис. к-та техн. наук: 05.22.07/ Східноукр. націон. ун-т ім. В. Даля. - Лу-

ганськ, 2004. - 190 с. 6. ГСТУ 32.001-94. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами тепловозных дизелей. Нормы и методы определения.-К.: Изд-во стандартов, 1994.-14 с.7. Поливянчук А.П. Микротуннель для измерения массовых выбросов твердых частиц от дизельных двигателей локомотивов. // Авиационно-космическая техника и технология. Тепловые двигатели и энергоустановки. Сб. науч. тр. /ХАИ. -Х., 2001.-Вып. 26.-С. 195-198. 8. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М., изд-во «Наука», 1976.- 280с.

УДК 621.436.004.6

А. Н. Пойда, д-р техн. наук, Д. Г. Сивых, асп.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Общая постановка проблемы и её связь с научно-практическими задачами.

В Украине эксплуатируется значительная часть транспортных и рабочих машин с дизельными двигателями, которые имеют как традиционные гидромеханические системы топливоподачи, так и топливные системы с микропроцессорным управлением. Причем, современные автотракторные дизели с микропроцессорными системами управления (МПСУ), имеют встроенные программные модули для самодиагностики систем. Технология строится на измерении величин сигналов датчиков, характеризующих диагностические параметры, в контрольных точках и сравнении измеренных величин с пороговыми значениями. При отклонении какого-либо параметра от порогового значения в специально отведенную об-

ласть памяти записывается код ошибки. Сами данные в МПСУ не сохраняются. На комбинации приборов загорается сигнальная лампа, сообщающая о необходимости диагностирования двигателя. Известно, что бортовая диагностика лишь помогает опытному диагносту быстрее локализовать дефект. Для окончательного обнаружения отказавшего узла необходимо провести углублённое диагностирование. Учитывая, что эксплуатируемые в Украине дизели имеют существенные отличия в конструкции и комплектации, возникает проблема в проведении углублённого их диагностирования.

Кроме того, существует острая необходимость совершенствования дизелей отечественного производства путем установки на них МПСУ [1]. Адаптация МПСУ к конкретным дизелям потребует прове-